

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

RODRIGO ANDERSON CANTUÁRIO DE SIQUEIRA

APLICAÇÃO DE PROCESSOS SUSTENTÁVEIS NA CONSTRUÇÃO DE  
SUBESTAÇÕES EM PARQUES EÓLICOS

CURITIBA

2016

RODRIGO ANDERSON CANTUÁRIO DE SIQUEIRA

APLICAÇÃO DE PROCESSOS SUSTENTÁVEIS NA CONSTRUÇÃO DE  
SUBESTAÇÕES EM PARQUES EÓLICOS

Trabalho de conclusão de curso apresentando ao Curso de Especialização em Projetos Sustentáveis, Mudanças Climáticas e Gestão Corporativa do Carbono, do Programa de Educação Continuada em Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, como pré-requisito para obtenção do título de especialista.

Orientadora: Dra Maria Emilia Martins Ferreira

CURITIBA

2016

*Ao meu tio e padrinho Wagner Siqueira (in  
memoriam), que me deu oportunidade de  
crescer pessoal e profissionalmente,  
compartilhando comigo ensinamentos e  
valores.*

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço à Deus, pois sem Ele nada na minha vida seria possível.

Aos meus pais agradeço os esforços de uma vida toda dedicada a nos educar (eu e meus irmãos), ajudando a construir a figura do que hoje sou e por seus incentivos na minha formação acadêmica e aos meus irmãos que são minha base.

Agradeço aos professores do programa de pós-graduação em Projetos Sustentáveis, Mudanças Climáticas e Gestão Corporativa do Carbono e em especial à minha orientadora Dra Maria Emília Martins Ferreira que aceitou prontamente me orientar neste trabalho, transmitindo seus conhecimentos, doando parte do seu tempo para o projeto, confiando em mim e tornando esta pesquisa uma experiência positiva e agradável.

Agradeço à Emanoele por sempre aparecer com uma luz quando só havia incertezas.

Agradeço à Savina por sua enorme ajuda na etapa final deste projeto.

Aos meus amigos e familiares agradeço o apoio que sempre me dão nas minhas decisões e aos meus pequenos Mel, Ariel, Ana Isabel e João Luis que me ensinam a ser uma pessoa melhor todos os dias.

Muito obrigado!

# APLICAÇÃO DE PROCESSOS SUSTENTÁVEIS NA CONSTRUÇÃO DE SUBESTAÇÕES EM PARQUES EÓLICOS.

Rodrigo Anderson Cantuário de Siqueira<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tecnólogo em Gestão Ambiental, especialista em gerenciamento de recursos naturais, Instituto Federal do Piauí, rodrigoacsiqueira@gmail.com

## RESUMO

Este trabalho visa apresentar os processos sustentáveis adotados para diminuir os impactos ambientais negativos da construção de uma subestação na cidade de São Miguel do Gostoso, Rio Grande do Norte. Trata-se de um estudo de caso com caráter qualitativo e propósito descritivo. Para a execução deste projeto foi realizada uma pesquisa bibliográfica e documental, houve o acompanhamento *in loco* das atividades planejadas, por meio do que foi possível observar os processos desenvolvidos e as ferramentas utilizadas para reduzir o impacto ambiental oriundo das atividades, destacando a importância de cada uma destas ações. Estabeleceu-se critérios para a escolha dos fornecedores de produtos e verificou-se se esses critérios foram obedecidos na implantação da subestação, bem como elencados os esforços de adaptação no processo que deixaram o empreendimento responsável ambientalmente. Foram analisados os pontos de melhorias adotadas pela empreiteira com o intuito de corrigir as falhas da gestão ambiental na obra. Destacam-se, entre os processos desenvolvidos na implantação da subestação, o planejamento das ações na etapa inicial da obra, a gestão dos resíduos sólidos e efluentes, monitoramento de fumaça preta e controle de particulado, aplicação da educação ambiental com os colaboradores, a valorização da mão-de-obra local, uso de materiais ecológicos, uso de vegetação para contenção dos taludes e a substituição do hexafluoreto de enxofre no sistema de resfriamento dos equipamentos elétricos. Com o andamento da obra e a correta execução desses processos, percebeu-se que é possível realizar uma obra com baixo impacto ambiental negativo.

Palavras-chaves: Impacto Ambiental. Rio Grande do Norte. Energia Eólica.

## ABSTRACT

This work aims to present the sustainable processes adopted to reduce the negative environmental impacts of the construction of a substation in the city of São Miguel do Gostoso, Rio Grande do Norte. It is a case study with qualitative character and descriptive purpose. For the execution of this project a bibliographical and documentary research was performed, there was a following of the planned activities *in loco*, where it was possible to observe the processes developed and the tools used to reduce the environmental impact from the activities, highlighting the importance of each of these actions. It was established

criteria for the selection of providers of products, and it was verified if these criteria were obeyed in the implementation of the substation, as well as the adaptation efforts in the process which let the responsible enterprise environmentally. It was analyzed the points of improvement adopted by the contractor in order to correct the failures of environmental management at work. It was possible emphasize, among the processes developed in the implementation of the substation, the planning of the actions in the initial stage of the work, the management of solid waste and effluents, monitoring of black smoke and particulated control, application of environmental education with employees, appreciation of manpower local, use of ecological materials, use of vegetation to contain slopes and replacement of sulfur hexafluoride in the cooling system of electrical equipment. With the progress of the work and the correct execution of these processes, it was realized that it is possible to effect a work with low negative environmental impact.

Keywords: Environmental impact. Rio Grande do Norte. Wind Energy

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Localização de São Miguel do Gostoso.....	13
FIGURA 2: Profissional de meio ambiente ministrando palestra sobre temas ambientais para os colaboradores na obra.....	19
FIGURA 3: Caminhão realizando a aspersão do solo nos acessos da obra.....	21
FIGURA 4: Mudas de macambira (Bromelia laciniosa) utilizadas na contenção dos taludes.....	22
FIGURA 5: Colaborador realizando o monitoramento mensal de fumaça preta.....	23
FIGURA 6: Utilização de materiais ecológicos, na foto blocos de solo-cimento.....	24
FIGURA 7: Área de disposição temporária de resíduos não perigosos.....	25
FIGURA 8: Área de disposição temporária de resíduos perigosos.....	26
FIGURA 9: Lavagem das bicas dos caminhões betoneira para reutilização do efluente nas atividades da obra. ....	27

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

BIG – Banco de Informação da Geração

CO<sub>2</sub> – Dióxido de Carbono

DDSMS – Diálogo Diário de Segurança, Meio Ambiente e Saúde

ETE – Estação de Tratamento de Efluentes

GEE – Gases de Efeito Estufa

GWh – Gigawatt-hora

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

Km - Quilômetro

kV – Quilovolt

LEED - Leadership in Energy and Environmental Design

MW – Megawatt

PGRS – Programa de Gerenciamento de Resíduos Sólidos

PROINFA - Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica

SE – Subestação

SF<sub>6</sub> – Hexafluoreto de Enxofre



## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
1.1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	9
<b>2. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>13</b>
2.1 ÁREA DE ESTUDO .....	13
2.2 OBJETO DE ESTUDO.....	14
2.3 MÉTODOS.....	14
<b>3. RESULTADOS.....</b>	<b>16</b>
3.1 ETAPA DE PLANEJAMENTO .....	18
3.2 ETAPA DE EXECUÇÃO .....	18
3.3 AÇÕES REALIZADAS NA OBRA .....	20
3.3.1 Valorização da mão-de-obra local .....	20
3.3.2 Controle da poeira aos acessos da obra .....	20
3.3.3 Contenção dos taludes da Subestação com vegetação .....	21
3.3.4 Substituição do Hexafluoreto de Enxofre nos equipamentos elétricos.....	22
3.3.5 Controle de emissão de material particulado e gás carbônico.....	23
3.3.6 Substituição de tijolos por blocos de solo-cimento .....	24
3.3.7 Execução do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos – PGRS .....	25
<b>4. CONCLUSÕES .....</b>	<b>28</b>
<b>5. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>30</b>

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Por gerações o meio ambiente vem sendo tratado como fonte inesgotável de matéria-prima que pode ser indiscriminadamente retirada, e usado como depósito de rejeitos. Associado a esta exploração desenfreada dos recursos para atender as demandas do homem, segundo Stachera (2006), grandes impactos ambientais estão sendo cada vez evidenciados provocando alterações climáticas devido à emissão dos GEEs (Gases de Efeito Estufa), alteração dos recursos hídricos e extinguindo espécies animais e vegetais.

Foi na década de 70, mais precisamente no ano de 1972<sup>1</sup>, na capital da Suécia, Estocolmo, que pela primeira vez se discutiu a importância da relação do homem com o meio ambiente. Porém, somente na década seguinte que a preocupação com a questão climática tornou-se relevante. O homem percebeu que necessitava de uma mudança por questões de sobrevivência, conforme Almeida (2002) afirma:

“A noção de sustentabilidade pode ser melhor entendida quando atribuímos um sentido amplo à palavra sobrevivência. O desafio da sobrevivência – luta pela vida – sempre dominou o ser humano. Inicialmente, no enfrentamento dos elementos naturais; e, mais tarde, sobretudo agora no século XXI, no enfrentamento das consequências trazidas pelo imenso poder de transformação desses elementos acumulado pelo homem.”

Os países têm a missão de aliar a atividade econômica com a preservação dos recursos naturais, porém os esforços ainda acontecem de forma tímida, principalmente no setor empresarial, as empresas veem as questões ambientais como um mal necessário e submetem-se, no máximo, ao que a legislação exige para seu funcionamento, fiscalizado, muitas vezes superficialmente, pelo poder público.

O que se espera, atualmente, é que as empresas usem o seu potencial inovador para solucionar os problemas socioambientais e econômicos presentes nas cidades brasileiras. Dessa forma, muitas empresas usam o conceito de

---

<sup>1</sup> Em 1972, em Estocolmo, aconteceu a Primeira Conferência Mundial sobre o Homem e o Meio Ambiente, ou Conferência de Estocolmo.

*Triple Bottom Line* criado por John Elkington, determinando que as empresas devem não apenas centrar forças no resultado financeiro, mas também na justiça social e na qualidade ambiental. O mercado tem mudado nesse sentido e tem exigido das empresas que se comprometam com o meio ambiente e com a sociedade. É muito comum atualmente observar uma mudança de valores dentro das empresas, visto que estão indo em busca de certificações que comprovem a sua responsabilidade socioambiental e não só cumprir as exigências da legislação vigente, mas destacar-se e manter-se nesse mercado competitivo.

No Brasil podemos citar a certificação ambiental LEED - Leadership in Energy and Environmental Design, que é um sistema estruturado com base em critérios americanos, aplicada à área de edificações. O processo de certificação LEED é realizado no Brasil pelo Green Building Council Brasil. Outra certificação é a ISO 14001, é a única norma passível de certificação da família ISO 14000, e estabelece requisitos para identificar e gerenciar os riscos ambientais da empresa. A obtenção de certificação ISO 14001 cabe a organismos de certificação independentes tais como Fundação Carlos Alberto Vanzolini e o Bureau Veritas Quality International.

Novas tecnologias estão sendo desenvolvidas, ferramentas de controle e monitoramento ambiental são utilizadas, o mercado tem apresentado profissionais cada vez mais qualificados, fontes de energia limpa estão sendo priorizadas, projetos sustentáveis estão saindo do papel e no setor da construção não tem sido diferente, ele também tem se adequado a este novo perfil mundial.

A energia eólica apresenta-se como uma potencial alternativa para a geração de energia elétrica. No Brasil, o primeiro aerogerador instalado foi em Fernando de Noronha no ano de 1992 e no ano de 2002 o governo federal instituiu, por meio da Lei nº 10.438, o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica – PROINFA – que tem como principal objetivo aumentar a participação da energia elétrica produzida por empreendimentos de produtores independentes autônomos, concebidos com base em fontes eólicas, pequenas centrais hidrelétricas e biomassa. Hoje, no Brasil, segundo o Ministério de Minas e Energia (2016) quem investe em energia eólica recebe benefícios como isenção de ICMS (Imposto sobre circulação de mercadorias e serviços), IPI (Imposto sobre produtos comercializados), descontos nas tarifas de uso do

sistema de transmissão e distribuição de energia para instalações com potência inferior a 30 MW, isenção na geração distribuída e outros.

Em 2006, começaram a entrar em operação os primeiros geradores contratados pelo Proinfa. Dados do Balanço Energético Nacional de 2016 apontam um aumento na produção de energia elétrica a partir de fonte eólica de 77,1% em 2015 comparado ao ano anterior, quando se atingiu 12.210 GWh.. Segundo dados do Ministério de Minas e Energia (2016), em 2015, a potência instalada para geração eólica no país expandiu 56%, o Rio Grande do Norte apresentou a maior proporção na geração eólica brasileira, de 34,6%, superando o Ceará, 1º em 2014.

Contudo, mesmo sendo a energia advinda de fonte eólica caracterizada como uma energia limpa, a implantação de uma subestação e o seu processo de construção geram muitos impactos socioambientais negativos, tais como o aumento da densidade demográfica local que pode gerar problemas de falta de moradia, vandalismo e prostituição, segundo Azevedo (2013), descaracterização da paisagem, mortalidade da fauna e flora existente na região da obra, emissões de gases de efeito estufa por máquinas e equipamentos utilizados durante a obra, geração de resíduos sólidos, líquidos e gasoso, dentre outros.

Mesmo procurando formas de minimizar externalidades negativas, segundo Tello (2012), o setor a construção civil ainda é responsável por consumir 12% do total de água do planeta, a produção de cimento emite para a atmosfera 5%, em escala global, de gases de efeito estufa e cerca de 40% dos resíduos produzidos no mundo inteiro são oriundos das atividades deste setor, porém, historicamente, segundo Cunha e Siqueira (2013), a sociedade sempre precisou da construção civil para atender suas necessidades básicas.

A pressão sobre as empresas do setor da construção civil vem aumentando na mesma proporção da consciência ambiental da sociedade. Se antes as empresas se preocupavam apenas em atender prazos e gerar lucros por meios ambiental e politicamente incorretos, hoje as instituições que não atendem o mínimo da legislação ambiental vigente no Brasil sofrem punições que podem ser de pequenas multas a até mesmo sua exclusão de licitações para novas obras.

Dada as particularidades de cada projeto, nesse conceito de construção, são estudadas soluções associadas à gestão racional de água, energia, resíduos sólidos, líquidos e gasosos desde a sua origem até sua destinação final, procurando formas de minimizar ou mitigar os impactos ambientais negativos, visando além de proteção ao meio ambiente, trazer qualidade de vida para a sociedade direta e indiretamente ligada ao projeto.

Diante disto este projeto tem o objetivo de levantar e analisar os processos ambientalmente adequados e as limitações na obra de implantação de uma subestação eólica com capacidade de receber energia em 230kV localizada na zona rural do município de São Miguel do Gostoso, interior do Rio Grande do Norte.

Com estes investimentos em novas fontes de energia visando uma mudança na matriz energética, o Brasil tornou-se um grande canteiro de obras com muitos empreendimentos sendo executados em diversas regiões do país. Este trabalho foi executado no intuito de apresentar os esforços, mesmo que ainda tímidos, em unir a geração de energia limpa com os projetos de construção das subestações eólicas, que utilizam materiais ecologicamente corretos e implementam soluções que minimizam os impactos ambientais.

É importante vincular estas ações para que novos empreendimentos possam segui-las e melhorá-las no intuito de termos, definitivamente, o conceito de construção sustentável, que, segundo o Ministério do Meio Ambiente (2012), é um processo holístico que aspira a restauração e manutenção da harmonia entre os ambientes natural e construído, e a criação de assentamentos que afirmem a dignidade humana e encorajem a equidade econômica, estabelecido em nosso país.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 ÁREA DE ESTUDO

São Miguel do Gostoso está localizado a 102 km de Natal no litoral norte do estado (Figura 1). Sua população, segundo o censo IBGE de 2010, é de 8.659 habitantes distribuídos em 4.476 homens e 4.183 mulheres que até 1993, ano de sua emancipação, viviam quase que exclusivamente da pesca e agricultura de subsistência. Com a emancipação, a cidade vem passando por um processo de urbanização oriundo das atividades turísticas e dos parques eólicos que movimentam diversos setores da economia da cidade. O município está em processo de formulação da sua agenda 21 e não realiza licenciamento ambiental.

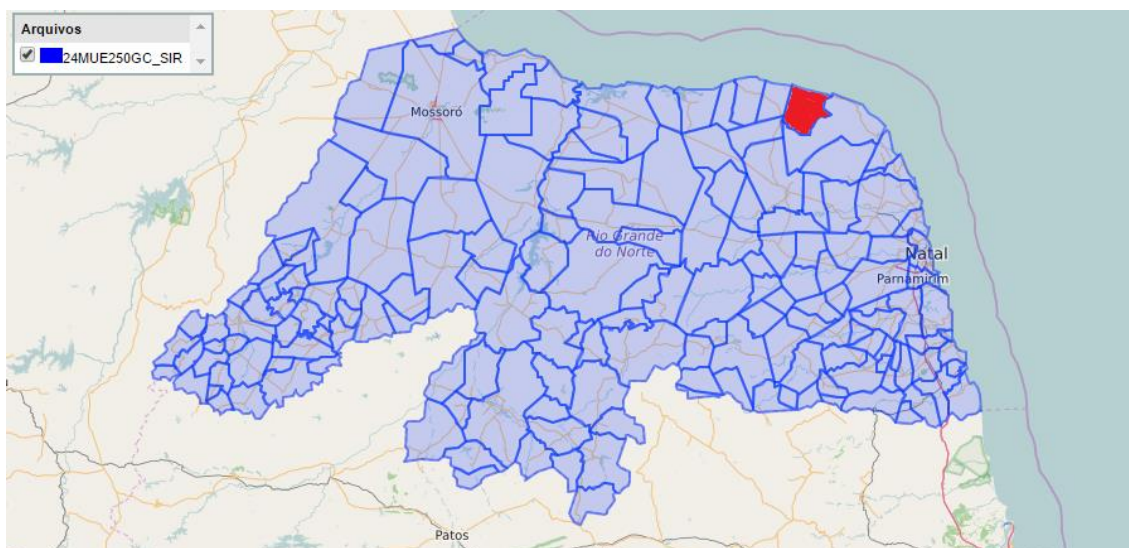


FIGURA 1: Localização de São Miguel do Gostoso.  
FONTE: IBGE (2016).

São Miguel do Gostoso, segundo o IBGE, está totalmente inserido na caatinga, bioma exclusivamente brasileiro, apresentando alta relevância do ponto de vista biológico por sua flora e fauna únicas, formada por uma vasta biodiversidade, rica em recursos genéticos e de vegetação constituída por espécies lenhosas, herbáceas, cactáceas e bromeliáceas (FRANCA-ROCHA *et al*, 2007). As intervenções realizadas nesse bioma devem potencializar ações preventivas, mantendo o máximo possível sua biodiversidade e apresentar o menor impacto ambiental negativo possível.

## 2.2 OBJETO DE ESTUDO

A subestação, objeto de estudo desta pesquisa, está localizada na zona rural de São Miguel do Gostoso, próximo à cidade Parazinho, Rio Grande do Norte e faz parte de um complexo eólico que também está em processo de implantação. O acesso se dá através de vias vicinais utilizadas para acesso, também, a comunidade Baixinha, zona rural de São Miguel do Gostoso. A subestação (SE) possui tensão em 230/34,5 kV e irá coletar a energia gerada em três Centrais Geradoras Eólicas, e possui uma reserva técnica para implantação de mais um parque eólico e dois parques fotovoltaicos. Esta SE será conectada à subestação distribuidora, através de uma Linha de Transmissão de 230 kV. Possui um quadro de aproximadamente 60 funcionários, sendo a maior parte da mão de obra contratada local, que teve início em dezembro de 2015 e previsão de término em novembro de 2016.

É um empreendimento particular de uma empresa brasileira do setor de energias renováveis que atua no ramo desde o ano 2000, implantando hidrelétricas e parques eólicos no território nacional. A obra é licenciada pelo órgão ambiental estadual e fiscalizada por consultorias ambientais da proprietária e fiscalizada, também, por analistas ambientais das empresas executantes.

As ações apresentadas neste trabalho foram realizadas pela empresa executante da obra de implantação da subestação. Trata-se de uma multinacional espanhola que atua no ramo de distribuição de energia, construindo subestações, redes de média tensão e linhas de transmissão em parques eólicos, solares e hidrelétricas.

## 2.3 MÉTODOS

O presente trabalho trata de um estudo de caso com caráter qualitativo e propósito descritivo. Primeiramente foi realizado um levantamento bibliográfico com base em estudos técnicos, revisão bibliográfica nacional e/ou internacional, bem como levantamento dos planos, estudos e documentos desenvolvidos na

fase de planejamento e início da implantação do projeto. Foram elegidos os documentos pertinentes a área ambiental que adotassem medidas de caráter preventivo frente aos possíveis impactos ambientais decorrentes da implantação do empreendimento, desta forma a licença de instalação da subestação, a planilha de aspectos e impactos ambientais, estudos do plano básico ambiental foram analisados.

A etapa seguinte foi o acompanhamento *in loco* das atividades planejadas, quando foi possível observar os processos desenvolvidos e as ferramentas utilizadas para reduzir o impacto ambiental negativo oriundo das atividades, destacando a importância de cada uma destas ações. Ainda nesta etapa foram observados se os fornecedores de produtos minerais estavam respeitando a legislação ambiental brasileira através de suas licenças ambientais e verificou-se se esses critérios foram obedecidos na implantação da subestação, bem como elencados os esforços de adaptação no processo que deixaram o empreendimento responsável ambientalmente.

Na etapa final do projeto foram analisados os pontos de melhorias adotadas pela empreiteira com o intuito de corrigir os pontos falhos da gestão ambiental na obra. Por fim, os dados foram compilados, discutidos e estão apresentados neste trabalho em três etapas: fase de planejamento, fase de implantação e ações desenvolvidas.



### **3. RESULTADOS**

Para uma melhor compreensão e organização do trabalho, os resultados foram divididos em três partes, a saber: etapa de planejamento, etapa de execução e ações realizadas na obra. Os resultados estão dispostos a seguir.

<b>CONDICIONANTES AMBIENTAIS</b>	<b>AÇÕES DAS CONDICIONANTES IMPLANTANDAS</b>	<b>AÇÕES VOLUNTÁRIAS</b>
<b>CONTROLE DA EROSÃO</b>	CONTENÇÃO DOS TALUDES	SUBSTITUIÇÃO DA CONTENÇÃO DE CONCRETO POR PLANTAÇÃO DE VEGETAÇÃO ENDÊMICA E NATIVA.
<b>GESTÃO DOS RESÍDUOS</b>	EXECUÇÃO DO PROGRAMA DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	-
<b>GESTÃO DOS EFLUENTES</b>	USO DE CAIXAS DE DECANTAÇÃO E FOSSA SÉPTICA	-
<b>CONTROLE DOS PARTICULADOS</b>	MONITORAMENTO DE FUMAÇA PRETA E ASPERSÃO DO SOLO COM ÁGUA.	-
<b>GARANTIR A QUALIDADE AMBIENTAL</b>	-	USO DE MATERIAIS ECOLÓGICOS
<b>AQUISIÇÃO DE MATERIAL MINERAL DE ÁREAS DEVIDAMENTE LICENCIADAS</b>	EXCLUSIVIDADE DE FORNECEDORES LICENCIADOS	CONTRATAÇÃO DE FORNECEDORES DE MATERIAIS NÃO MINERAIS COM SUA DOCUMENTAÇÃO AMBIENTAL ADEQUADA
-	-	VALORIZAÇÃO DA MÃO-DE-OBRA LOCAL
-	-	SUBSTITUIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS QUE UTILIZAVAM SF6
-	-	AÇÕES DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL
-	-	CONTRATAÇÃO DE PROFISSIONAL DE MEIO AMBIENTE

Tabela 01: Condicionantes da licença especial, ações adotadas para cumprir as condicionantes ambientais e as ações voluntárias implantadas na obra de instalação da subestação.

### 3.1 ETAPA DE PLANEJAMENTO

Nesta etapa, há a definição, refinamento e desenvolvimento das ações necessárias ao alcance dos objetivos. Dessa forma, foram levantados todos os documentos exigidos pela cliente para o início efetivo da obra, como alvarás, licenças, certidões negativas e outros. Documentos do setor de segurança foram confeccionados, como o programa de controle médico de saúde ocupacional, programa de condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção civil e outros, bem como os projetos civil e eletromecânico e apresentados para avaliação do proprietário do projeto.

Na etapa de planejamento, especificamente na área ambiental, foram apresentados para a cliente os planos de: levantamento de aspectos e impactos ambientais; programa de prevenção de riscos ambientais; plano de atendimento a emergências, o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos - PGRS e o manual de Segurança, Meio Ambiente e Saúde para contratadas. A cliente, por sua vez, não apresentou nenhum plano, somente orientou a execução das condicionantes ambientais presentes na licença de instalação da obra. Estes planos são de suma importância uma vez que incentivam inovações no campo do desenvolvimento sustentável, pois elenca os impactos ambientais positivos e negativos e formas de mitigá-los ou potencializá-los se positivos.

Observando uma solicitação expressa da cliente, a legislação ambiental brasileira e as condicionantes da licença ambiental, foram dados prioridade a fornecedores que atendessem a política ambiental de forma satisfatória. Dessa maneira, empresas que estavam com suas licenças ambientais atualizadas, com o cadastro técnico federal do Ibama também atualizados e as empresas de extração mineral com seu cadastro do Departamento Nacional de Produção Mineral validados, eram exclusividade na escolha para fornecimento de materiais para obra.

### 3.2 ETAPA DE EXECUÇÃO

Um fator importante nesta fase é a definição de um profissional destacado para trabalhar especificamente na área ambiental, de modo a garantir que as ações no empreendimento fossem cumpridas corretamente. A cliente

exigiu um profissional qualificado para assumir a área ambiental, dessa maneira a contratada integrou em seu quadro um profissional de meio ambiente que executava os planos ambientais, bem como fiscalizava seus funcionários, incentivando adoções dessas práticas junto à equipe e distribuindo informações a todas as partes interessadas.

Uma ferramenta eficaz utilizada atualmente para se garantir êxito na aplicação dos processos sustentáveis é a adoção, em todos os níveis, de ações educação ambiental. Nesta obra durante os Diálogos Diários de Segurança, Meio Ambiente e Saúde (DDSMS) o profissional de meio ambiente, com uma linguagem simples e direta, empregava para os colaboradores assuntos de cunho ambiental tentando obter uma sensibilização por parte destes funcionários. Foram realizadas algumas campanhas com temas atuais, como resíduos sólidos, desperdício de alimentos e água, apresentação dos planos ambientais da obra, em forma de palestras (Figura 2) para os funcionários. Após ter conhecimento dos respectivos assuntos, observava-se certa mudança, positiva, de comportamento de alguns deles.



FIGURA 2: Profissional de meio ambiente ministrando palestra sobre temas ambientais para os colaboradores na obra.

FONTE: O AUTOR (2016).

### 3.3 AÇÕES REALIZADAS NA OBRA

#### 3.3.1 Valorização da mão-de-obra local

Procurando maior proximidade às comunidades da área de influência direta do projeto de instalação da subestação, foram contratados 30 funcionários residentes em São Miguel do Gostoso, Parazinho e seus distritos. Diante disso, foram ofertadas vagas de emprego para pedreiros, armadores, serventes, eletricitas, técnico de segurança do trabalho e almoxarife. A contratação de mão-de-obra local é de suma importância, pois além de trazer desenvolvimento para a região movimentando sua economia, possibilita observar as questões sociais das comunidades circunvizinhas ao empreendimento e trabalhar, conjuntamente, esses pontos com os funcionários que vivem nessas áreas.

Dessa forma, nos DDSMS os colaboradores abordam questões de interesse da obra, bem como das suas comunidades. Um problema abordado num desses diálogos foi a respeito dos acessos nas comunidades que se encontravam danificados em virtude do grande fluxo de automóveis nessas vias. Em consenso, foi procurado a melhor alternativa para ambas, evitando o fluxo de veículos grandes em alguns acessos, reduzindo a velocidade nas áreas residenciais e a empresa executante reparou as vias danificadas.

#### 3.3.2 Controle da poeira nos acessos da obra

Segundo Lima (1980), embora o material particulado seja relativamente pouco tóxico as plantas, ele pode, eventualmente, induzir o aparecimento de lesões foliares e redução na fotossíntese. Como a obra está totalmente inserida no bioma caatinga, dispensou-se uma atenção especial à fauna e flora.

Devido ao fluxo de veículos leves e pesados nos acessos até a obra, ficou determinado que duas vezes ao dia, durante os picos de maior movimentação desses veículos, um caminhão pipa faria a aspersão do solo visando o controle da poeira (Figura 3), uma vez que estas vias não são pavimentadas. Isso além de beneficiar a população, reduzindo o risco de doenças respiratórias, traz benefícios também para a flora local, uma vez que a

poeira não se acumula evitando lesões e não interferindo no processo de fotossíntese.



FIGURA 3: Caminhão realizando a aspersão do solo nos acessos da obra.  
FONTE: O AUTOR (2016).

Ficou estabelecido um limite máximo de 40 km/h nas vias para evitar o atropelamento de animais silvestres e se, por ventura, um animal fosse encontrado no perímetro da subestação o setor de meio ambiente seria acionado para tomar as medidas cabíveis, sendo terminantemente proibido o resgate ou morte destes animais pelos colaboradores, salvo em situações de risco de morte. Sabe-se que muitas espécies animais da caatinga sequer foram catalogadas, diante disto, ações como essa evitam a mortandade destes animais e proporcionam, conseqüentemente, sua manutenção neste bioma.

### 3.3.3 Contenção dos taludes da Subestação com vegetação

Segundo Silva (2012), as plantas desenvolvem no solo uma função de estabilização. A vegetação utilizada como material de construção possui vantagens em detrimento a materiais inertes, como não passar por um processo de degradação, permite uma valorização estética e paisagística da construção, bem como a manutenção da flora na região.

Buscando a melhor alternativa, intentando o desenvolvimento sustentável na obra, foi adotado para a contenção dos taludes da subestação a plantação de mudas de Macambira (*Bromelia laciniosa*), em substituição a contenção por concreto (Figura 4).

Segundo Angelin (*et, al.*, 2007, *apud* PIMENTEL, 2012), a Macambira apresenta folhas na forma de roseta, nas quais se acumulam água, tem raiz tipo fasciculada e, por conta dessa característica, pode ser utilizada no combate a erosão.

Esta espécie foi escolhida por sua eficácia em fixação de solos instáveis, além do que é uma planta nativa e endêmica da caatinga, suportando as altas temperaturas do nordeste brasileiro e longos períodos de seca. Além de contribuir para a manutenção da flora nesta zona industrial, a contenção por vegetação minimiza o impacto visual causado pelo empreendimento e ainda pode servir de alimento para a fauna local.



FIGURA 4: Mudas de macambira (*Bromelia laciniosa*) utilizadas na contenção dos taludes.  
FONTE: O AUTOR (2016).

#### 3.3.4 Substituição de equipamentos elétricos com SF<sub>6</sub> (hexafluoreto de enxofre)

O SF<sub>6</sub>, segundo Muzy (2012), é um gás sintético, usado como isolante e extintor de arco elétrico por sua grande eletronegatividade, é inerte e possui um potencial nocivo para o efeito estufa 23.000 vezes maior que o dióxido de carbono.

Os equipamentos elétricos denominados de cubículos da subestação que utilizavam SF<sub>6</sub> foram substituídos por outros cubículos que utilizam



ventilação natural no seu sistema de resfriamento. Diante de todo o cenário que hoje se apresenta com as mudanças climáticas, ações que minimizem as emissões de gases estufa são muito relevantes, a substituição de SF6 por ventilação natural para arrefecer os equipamentos da subestação agregou maior qualidade ambiental ao empreendimento, uma vez que este gás contribui para o aquecimento global.

### 3.3.5 Controle de emissão de fumaça preta

Na tentativa de minimizar o lançamento exacerbado de fumaça preta acima do limite permitido pela legislação brasileira, foi adotado na obra o monitoramento de particulado de todos os equipamentos e máquinas movidos a diesel. Mensalmente um funcionário treinado com a metodologia da Escala Ringelmann – escala gráfica para avaliação colorimétrica de densidade de fumaça, numerados de 0 a 5 e recomendado que não ultrapasse o padrão 2 – realiza este monitoramento (Figura 5). Se por ventura algum equipamento ou máquina ultrapassar o valor padrão, este é retirado da obra e enviado para manutenção imediatamente.

Essa ação permite o controle dos agentes responsáveis pelo aquecimento global, já que a fumaça preta, segundo dados do IPCC, causa, para este fenômeno, o correspondente a 2/3 do efeito do CO<sub>2</sub>, maior responsável pelo aumento das temperaturas no mundo.



FIGURA 5: Colaborador realizando o monitoramento mensal de fumaça preta.  
FONTE: O AUTOR (2016).



### 3.3.6 Substituição de tijolos por blocos de solo-cimento

Preocupando-se, também, com os materiais utilizados na obra na sua etapa de produção, foi adotado na subestação o uso de blocos de solo-cimento (Figura 6) em substituição aos convencionais tijolos cerâmicos, que na sua produção é necessário o processo de queima liberando CO<sub>2</sub> para a atmosfera.

Segundo Mieli (2009), materiais de solo-cimento são promissores no âmbito econômico, social e funcional, contribuindo para baratear os custos do projeto e obtendo um produto menos poluente que o convencional, uma vez que sua produção não exige a queima, consequentemente não lança resíduos no ar e também não provoca o desmatamento.

Considerados materiais ecológicos, os blocos de solo-cimento, adquiridos de um fornecedor licenciado e produzidos através de uma mistura homogênea de água, solo e cimento em proporções previamente definidas, não passam por combustão. Por não passar pelo processo de queima, além de evitar a emissão de Gases de Efeito Estufa - GEE na atmosfera, evita-se, também, o desmatamento da região uma vez que se usa lenha nativa e não madeira de plantio florestal como combustível para queima dos tijolos de cerâmica.



FIGURA 6: Utilização de materiais ecológicos, na foto blocos de solo-cimento.  
FONTE: O AUTOR (2016).

### 3.3.7 Execução do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos – PGRS

A gestão dos resíduos sólidos gerados na obra se dá através das diretrizes do PGRS elaborado especificamente para o projeto da subestação. Os resíduos sólidos são gerenciados em sua integralidade, atendendo a legislação vigente, as condicionantes da licença ambiental e o PGRS implantado na obra.

No momento da montagem do canteiro de obras foi construído uma área de disposição temporária de resíduos não perigosos, dividida em baias, devidamente identificadas com o tipo de resíduo a ser armazenado até a sua coleta, isolada de modo a evitar que funcionários não autorizados tivessem acesso, com o piso impermeável e construída de forma a proporcionar ventilação natural, conforme norma brasileira NBR 11174/1990 (Figura 7). Para os resíduos perigosos, uma outra baia foi construída separadamente e estes resíduos, quando gerados, são armazenados em tonéis de metal, sem nenhuma avaria para sua posterior coleta (Figura 8), seguindo os requisitos da NBR 12235/1992.



FIGURA 7: Área de disposição temporária de resíduos não perigosos  
FONTE: O AUTOR (2016).



FIGURA 8: Área de disposição temporária de resíduos perigosos.  
FONTE: O AUTOR (2016).

Os resíduos de madeira foram doados aos funcionários que solicitaram ou às pessoas que residem próximo a obra. Para isto, um termo de doação foi elaborado e a madeira só foi transportada após a assinatura deste termo, por meio do qual o beneficiado assume a responsabilidade de não vender o material doado e tampouco descartá-lo de forma errada.

Os demais resíduos, tanto os perigosos quanto os não perigosos, foram coletados, transportados e destinados por empresa legalmente habilitada para esta atividade e após esta atividade o manifesto de transporte de resíduos é encaminhado para registro. A cidade de São Miguel do Gostoso não dispõe de cooperativas de reciclagem, tampouco de aterro sanitário para a destinação dos resíduos. A empresa coletora dos resíduos possui parceria com o aterro sanitário da cidade de Ceará-Mirim, Rio Grande do Norte.

As águas negras produzidas nos banheiros do canteiro de obras são armazenadas nas fossas sépticas temporárias. As fossas não possuem sumidouro, funcionam como uma caixa de armazenamento e semanalmente são monitoradas de modo a evitar acidentes ambientais. Caso as fossas apresentem um nível muito alto de efluentes, uma empresa legalmente habilitada é acionada para fazer sua limpeza.

O efluente gerado na limpeza das bicas dos caminhões betoneira, bem como da lavagem da betoneira estacionária da subestação, são armazenados

nas suas respectivas bacias de decantação. No momento da lavagem o efluente é despejado nas suas respectivas bacias (Figura 9), na qual a água é separada dos sólidos de concreto e reutilizada nas atividades da obra.



FIGURA 9: Lavagem das bicas dos caminhões betoneira para reutilização do efluente nas atividades da obra.

FONTE: O AUTOR (2016).

Como obras de construção civil geralmente são bastante variáveis, sempre aparecem pontos de melhorias na execução das atividades. Estes pontos são discutidos nos DDSMS com os colaboradores, para a obra da subestação um ponto bastante discutido foi o correto armazenamento dos resíduos em seus respectivos coletores.



#### 4. CONCLUSÕES

Diferente das demais obras, a gestão deste empreendimento realizou ações voluntárias ambientalmente responsáveis visando boas práticas e uma maior qualidade ambiental na obra de implantação da subestação, a saber:

1. Contratação de um profissional específico para área de meio ambiente;
2. Educação Ambiental através dos DDSMS;
3. Contratação de mão-de-obra local;
4. Contenção dos taludes com a espécie vegetal nativa Macambira;
5. Substituição dos equipamentos que utilizam SF6 no seu sistema de arrefecimento por ventilação natural;
6. Substituição de tijolos cerâmicos por blocos de solo-cimento;

As demais ações foram executadas visando o atendimento das condicionantes da licença ambiental de instalação, que foram:

1. Controle de poeira nos acessos da obra;
2. Controle de emissão de material particulado;
3. Execução do plano de gerenciamento de resíduos sólidos – PGRS;
4. Exclusividade de fornecedores que estivessem com toda documentação ambiental válida.

Observou-se com os resultados desta pesquisa que é possível agregar valores da sustentabilidade em obras de construção civil de forma satisfatória, aliando o resultado financeiro às questões ambientais e à justiça social.

Ainda que a empresa executante da obra de instalação da SE não possua certificações como a LEED e a ISO 14001, foram louváveis as intervenções realizadas voluntariamente pela mesma. Observou-se a execução das ferramentas de controle e monitoramento ambiental da norma 14001 como o planejamento de atividades, levantamento de aspectos e impactos ambientais, e do selo LEED através da utilização de equipamentos e sistemas eficientes, como os cubículos refrigerados por ventilação natural e o uso de materiais de baixo impacto ambiental, como os tijolos de solo-cimento.

Um ponto negativo levantado nessa obra, foi a ausência de um sistema de tratamento de efluentes eficiente. Foi planejado a compra de uma estação de tratamento de efluentes (ETE), porém a direção da empresa considerou que o custo/benefício desta alternativa não era compatível com o orçamento estipulado para os gastos com a área ambiental na obra. Diante disso, foram construídas as fossas sépticas, que, comparado a essas ETEs, não se caracteriza como a melhor solução para o tratamento de efluentes.

Diante disso, este trabalho procurou aduzir estes processos sustentáveis na implantação da subestação e pôde-se concluir que os avanços foram significativos porque não foram isolados, os meios físico, biótico e abiótico foram assistidos e trabalhados paralelamente. Ainda que havendo falhas foi bem louvável a postura adotada pela executante da obra e espera-se uma postura semelhante das demais empresas do setor da construção, visando o desenvolvimento sustentável nesses empreendimentos.

## 5. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F. **O bom negócio da sustentabilidade**. Nova Fronteira, 2002. V. 1. 101 p.

AZEVEDO, A.C.S. **Impactos ambientais em usinas eólicas**. AGRENER GD 2013. Disponível em: <http://www.feam.br/images/stories/arquivos/mudnacaclimatica/2013/ag-267.pdf>. Acessado em: 28/04/2017.

BRASIL. Lei nº 10.438, de 26 de Abril de 2002. **Diário Oficial da União**, Brasília, 26 de abril de 2002; 181º da Independência e 114º da República. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/2002/L10438.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/2002/L10438.htm)>. Acessado em: 01/12/2016.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Relatório final de 2016 do balanço energético nacional**. Rio de Janeiro, 2016. 292 p.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético. **Energia Eólica no Brasil e no Mundo**. Disponível em: <[http://www.mme.gov.br/documents/10584/3894319/Energia+E%C3%B3lica+-+ano+ref++2015+\(3\).pdf/f5ca897d-bc63-400c-9389-582cd4f00ea2](http://www.mme.gov.br/documents/10584/3894319/Energia+E%C3%B3lica+-+ano+ref++2015+(3).pdf/f5ca897d-bc63-400c-9389-582cd4f00ea2)>. Acessado em: 01/12/2016.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Construção Sustentável**. Disponível em: <<http://www.ambiente.gov.br/cidades-sustentaveis/urbanismo-sustentavel/constru%C3%A7%C3%A3o-sustent%C3%A1vel>>. Acessado em: 01/12/2016.

CUNHA, L.C.C; SIQUEIRA, R.A.C. Aspectos sustentáveis da construção de uma subestação no interior da Bahia. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 4, 2013, Salvador. **Anais do Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**. Disponível em: <<http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2013/VII-028.pdf>>. Acessado em: 23/11/2016.

FRANCA-ROCHA, W. et al. **Levantamento da cobertura vegetal e do uso do solo do Bioma Caatinga**. IN: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13, 2007, Florianópolis. **Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. INPE, p. 2629-2636.

IBGE. **São Miguel do Gostoso**. Disponível em <<http://cod.ibge.gov.br/OOA>>. Acessado em: 23/11/2016.

LIMA, W.P. **As florestas e a poluição do ar**. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais; Departamento de Silvicultura da E.S.A.L.Q. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1980.

MIELI, P.H. **Avaliação do tijolo modular de solo-cimento como material na construção civil.** 2009. 48 p. Monografia (Graduação em Engenharia de Materiais). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

MUZY, G.L.C.O. **Subestações elétricas.** 2012.180 p. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

PIMENTEL, J.R.M. **Caracterização e análise das propriedades da fibra de Macambira (*Bromelia laciniosa*).** 2012. 52 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2012.

SILVA, R.A.F. **Aplicação da engenharia natural na estabilização de taludes.** 2012. 102 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade da Madeira, Funchal, Portugal, 2012.

STACHERA JUNIOR, T. **Avaliação de emissões de CO<sub>2</sub> na construção civil: um estudo de caso da habitação de interesse social no Paraná.** 2006. 176 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

TELLO, R. **Guia CBIC de boas práticas em sustentabilidade na indústria da construção.** Brasília: Câmara Brasileira da Indústria da Construção; Serviço Social da Indústria; Nova Lima: Fundação Dom Cabral, 2012. 160 p.